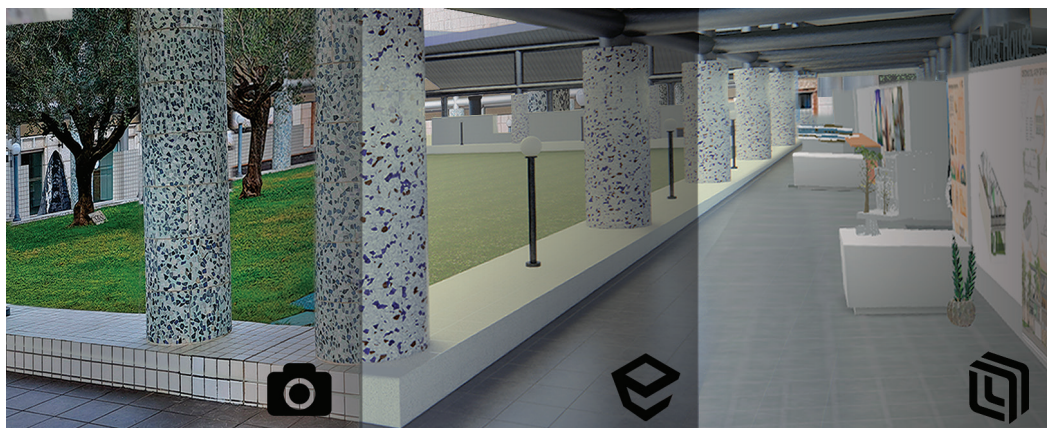
Edu-verse: Designing 3D Learning Environments

Caterina Gabriella Guida
Lorena Centarti
Angelo Lorusso

Abstract

Gli ambienti virtuali rappresentano un nuovo tipo di spazio di lavoro collaborativo. Il contributo esplora l'apprendimento attraverso il Metaverso, proponendo un quadro teorico innovativo, sintetizzando le migliori pratiche nella progettazione di ambienti virtuali collaborativi per l'apprendimento e condividendo gli esiti di un'esperienza didattica rivolta agli studenti dell'insegnamento di Informatica Grafica del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura dell'Università di Salerno. Il metodo proposto ha previsto una modellazione cooperativa, sfruttando le peculiarità di una didattica collaborativa, incentrata su una triangolazione 'Sud Italia - Sud America - Sud Africa', testando la capacità di scambio e interazione internazionale e interuniversitaria tra docenti e studenti chiamati a sviluppare attività grafiche di gruppo. L'obiettivo è stato creare un ambiente digitale immersivo in grado di offrire modalità di apprendimento nuove e finora poco esplorate, in quanto capaci di trasferire conoscenze innescando il coinvolgimento emotivo degli utenti. Tale studio dimostra come le tecnologie digitali possono fornire un'esperienza museale immersiva più efficace, ampliando l'accesso a un numero maggiore di visitatori, superando barriere fisiche e distanze culturali, innescando processi di apprendimento specifici, anche attraverso un coinvolgimento più profondo, facilitando così uno scambio culturale e formativo continuo.

Parole chiave
Metaverse, digital technology, education, immersive teaching and learning, Multi-User Virtual Environment (MUVE)

Documentazione fotografica (sinistra), modello tridimensionale renderizzato con Enscape for Revit (centro) e ambiente personalizzato in Spatial (destra). Elaborazione grafica degli autori.

doi.org/10.3280/oa-1016-c357

Introduzione

Il Metaverso è stato riconosciuto come la prossima generazione di connessione sociale. Il termine deriva da una combinazione del prefisso 'meta', che implica trascendere, con la parola 'universo' che descrive un ambiente parallelo o virtuale legato al mondo fisico [Tlili et al. 2022]. Coniato per la prima volta nel 1992 da Neal Stephenson nel suo romanzo di fantascienza *Snow Crash* [Stephenson 1992], un libro spesso accreditato per aver anticipato molte delle tecnologie odierne [Knox 2022]. Nel 2006 si è tenuto un vertice presso lo Stanford Research Institute International per tracciare una tabella di marcia per il futuro della tecnologia del Metaverso. La *Metaverse Roadmap (MVR)* è la prima indagine decennale pubblica di previsione e visione delle tecnologie *Web3D*, delle applicazioni, dei mercati e dei potenziali impatti sociali, a cui hanno preso parte accademici, architetti, imprenditori e futuristi, nella quale sono stati definiti quattro tipi di Metaverso (*Metaverse Roadmap Summit*, 2006). Nella figura 1 sono illustrati i differenti tipi di Metaverso: l'asse orizzontale rappresenta la relazione tra 'Tecnologia' e 'Utente', mentre l'asse verticale rappresenta la relazione tra 'Tecnologia' e 'Reltà' [Kye et al. 2021]. Il Metaverso ha assunto nel tempo significati sempre più profondi: ci si riferisce ad un mondo generato virtualmente in cui le persone possono 'vivere' secondo le regole definite dal creatore [Farjami et al. 2011; Kye et al. 2021; Centorrino et al. 2021]. Il Metaverso fornisce possibilità di collaborazioni e interazioni immersive che supportano lo sviluppo dell'esperienza sociale, consentendo l'emergere di 'mondi paralleli' [Schlemmer, Backes 2015]. Lee e altri nei loro studi hanno affermato che per Metaverso si intende un mondo in cui virtuale e reale interagiscono e co-evolvono, dove attività sociali, economiche e culturali vengono svolte per creare valore [Lee et al. 2021]. Tale definizione implica che i due mondi non sono semplicemente combinati, ma si determina una continuità del mondo fisico nel virtuale per creare un ecosistema che fonde entrambi.
Le identità digitali *online* sono considerate un riflesso e una rappresentazione delle identità reali dei mondi fisici *offline*. Con la crescita e l'influenza della 'Generazione Z' nel Metaverso, si sostiene che ci sia bisogno di una nuova definizione [Park, Kim 2022]. Il rapido progresso della tecnologia mobile e del *deep learning* hanno facilitato l'accesso al Metaverso ovunque e in qualsiasi momento, migliorandone l'accuratezza della visione e il riconoscimento linguistico, determinando un ambiente più immersivo e coinvolgente. Poiché il mondo della formazione non può farsi trovare impreparato dinanzi alle trasformazioni digitali della nostra epoca, volendo perseguire l'obiettivo di garantire una didattica di qualità per le nuove generazioni [Kim et al. 2022], diversi educatori e ricercatori ne hanno discusso le implicazioni di utilizzo nell'ambito delle loro pratiche di apprendimento, fornendo diversi scenari di sviluppo.

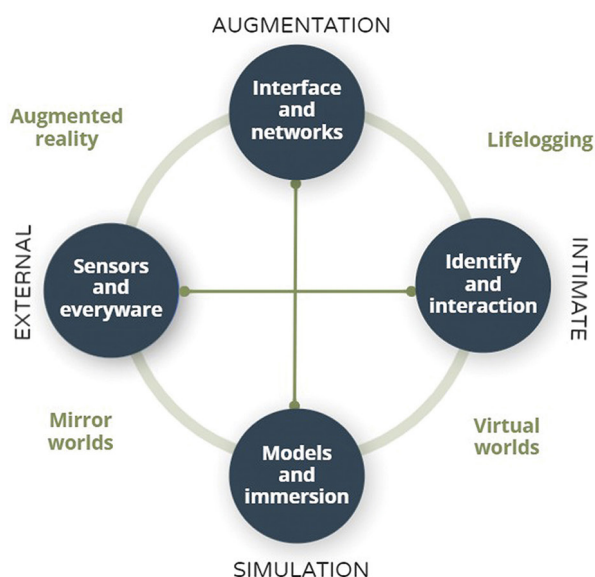



Fig. 1. Diagramma dei 4 tipi di Metaverso, in accordo con il *Metaverse Roadmap Summit*. Elaborazione degli autori.

Il crescente interesse anche nel panorama educativo, derivante dalla vasta gamma di possibilità che lo spazio virtuale può offrire attraverso rappresentazioni reali di sé che potenzialmente migliorano l'aspetto sociale dell'insegnamento e l'apprendimento, è testimoniato da vari studi. Ad esempio, Kemp e Livingstone hanno sperimentato come combinare il Metaverso, attraverso l'uso di un mondo digitale chiamato *Second Life*, con sistemi di gestione dell'apprendimento per migliorare il processo di formazione [Kemp, Livingstone 2006]. L'avvento delle tecnologie immersive, tra cui la realtà virtuale (VR), la realtà mista (MR), la realtà aumentata (AR) e la realtà estesa (XR), e lo sviluppo delle connessioni di rete ha generato significative trasformazioni nei modelli di comunicazione e di fruizione, nonché nelle modalità di costruzione della conoscenza, promuovendo il Metaverso in diverse applicazioni educative: gli studenti possono interagire con gli insegnanti e studenti attraverso i loro *avatar*, aumentandone la motivazione all'apprendimento [Siyaev, Jo 2021; Park, Kim 2022; Gattullo et al. 2022].
Sulla base delle esperienze finora condotte, l'apprendimento basato sul Metaverso è più di una combinazione di forme di insegnamento in presenza e da remoto, ed è probabile che compensi i limiti di entrambi [Zhang et al. 2022], come si evince dal confronto illustrato in figura 2. Le analisi dei risultati relativi all'utilizzo in campo educativo hanno individuato le potenzialità e le criticità di utilizzo in contesti educativi [Hwang, Chien 2022; Tlili et al. 2022; Centorrino, di Paola 2022]. La maggior parte degli educatori potrebbe non essere a conoscenza delle caratteristiche del Metaverso, nonché delle possibili applicazioni di questa tecnologia emergente. I risultati dello studio di Tlili e altri [Tlili et al. 2022] hanno evidenziato come tale spazio collaborativo non sia stato mai utilizzato in ambito architettonico come strumento di formazione e condivisione di modelli tridimensionali reali; anche se diverse scuole e università hanno già implementato l'impiego del Metaverso, si limitano tuttavia all'utilizzo di riproposizioni virtuali di spazi universitari esistenti, che diventano involucri rigidamente definiti entro i quali gli studenti possono impegnarsi in vari tipi di attività formative.
La presente ricerca si muove sulla scia delle più recenti esperienze che hanno visto evolvere la nozione di rappresentazione/modello digitale a quella di ambiente virtuale multiutente, indagando soluzioni adeguate a migliorare il processo di apprendimento e insegnamento multimodale sfruttando le peculiarità del Metaverso, che consente allo studente di creare, esplorare e percepire il proprio ambiente virtuale *reality-based*.

FACTOR	IN-PERSON CLASSROOM LEARNING	SCREEN-BASED REMOTE LEARNING	METAVERSE-BASED LEARNING
The time and location for learners to participate in class	At a fixed time in accordance with the class schedule and school timetable in the real classroom	Available only when a teacher opens a meeting on the video-conferencing platform	Without being limited by either time or location
Learner identity	Real identity	Real identity	Customized and dynamic digital identity (avatar)
The people learners interact with	Real teachers and peers	Real teachers and peers	Real teachers and peers in the form of avatar, or virtual teachers and peers in the form of intelligent NPC
Learning scene	Real learning scenes	Real learning scenes	Simulated learning scenes
Learning resource	Mainly printed or multimedia learning resources that learners usually cannot interact with	Mainly multimedia or online learning resources that learners usually cannot interact with	Mainly visualized or decentralized learning resources that allow learners to interact
Learning activity	Primarily based on lectures from teachers Allow learners to participate in a series of learning activities, except in the pandemic era	Primarily based on lectures from teachers - Cannot easily allow learners to participate in some complex learning activities - Cannot easily allow learners to collaborate with peers	Primarily a series of contextualized learning activities in 3D learning scenes - Allow learners to participate in a series of learning activities virtually - Can support remote collaboration - Initiate activities more like inquiry-based or problem-solving tasks - Facilitate creative learning activities
Learning experience	Mainly based on face-to-face communication	Mainly based on online communication with video and audio	Mainly based on multi-sensory and embodied participation - More easily to devolop high-order cognitions -
Learning objective	Mainly aims to develop low-order cognitions	Mainly aims to develop low-order cognitions	Mainly aims to achieve more comprehensive learning objectives
Learning assessment	Focus on learning results Based on summative data	Focus on learning results Based on summative data	Combine with formative and summative data Pay more attention to learners' growth

Fig. 2. Confronti tra l'apprendimento in aula di persona, l'apprendimento remoto basato sullo schermo e l'apprendimento mediante il Metaverso. Elaborazione degli autori.

Lo spazio espositivo

Il Chiostro della Pace è un progetto di Ettore Sottsass Jr. con sculture di Enzo Cucchi, realizzato nel 2005 nel Campus di Fisciano (SA). L'opera è stata concepita come dialogo tra arte e architettura e rinvia ai luoghi dell'antico liceo peripatetico, dove lo studio e la riflessione si nutrivano anche di incontri e di pause, e suggerisce il valore della pace e del raccoglimento. Il chiostro, di dimensioni ridotte (21x30m), è caratterizzato da quattro lunghe piastre leggermente inclinate, che formano la copertura dei percorsi, rivestite con ceramica blu. Il tetto, retto da una struttura metallica, poggia su grossi pilastri in acciaio rivestiti di terrazzo (fig. 3). Le sculture, modellate in terracotta, sono quattro fontane (*Sfera con teschi, Testa di cavallo, Montagna con teschi, Busto di uomo supino*), sistemate alle aperture dei muretti perimetrali. Il chiostro ben si presta a diventare spazio contenitore di una mostra espositiva, un mondo virtuale autentico, interrogabile attraverso strumenti di ispezione e interazione immersivi, in cui gli studenti, collaborando tra loro, potranno confrontarsi, presentando i propri lavori.

Metodologia

Il contenuto tridimensionale è oggi una parte eminente dell'esperienza multimediale del *web*. Fino a pochi anni fa, quando volevamo inserire modelli 3D sul *web* ci scontravamo con alcuni problemi tecnici, tra cui la velocità della rete Internet e la potenza di calcolo dei *device*, nonché la necessità di installare applicazioni dedicate per visualizzare grafica 3D. Grazie al linguaggio *WebGL* (*Web Graphics Library*) sono nate diverse piattaforme *Web3D* anche nell'ambito dei Beni Culturali (CH) in cui è possibile inserire ricostruzioni 3D di porzioni del mondo reale all'interno di una pagina *web*, garantendo la visualizzazione tramite qualsiasi *browser Web* [Andreoli et al. 2018; Fanini et al. 2021; Leserri et al. 2022]. Attualmente, nei paesi che guidano

Fig. 3. Chiostro della Pace. Elaborazione degli autori.

il movimento *Metaverse*, stanno nascendo nuove piattaforme che, rispetto alla precedente modalità di condivisione sul *web* i cui prodotti erano limitati a gruppi specifici, come gli sviluppatori, consentono a ciascun utente di creare o editare contenuti virtuali. Sono illustrati alcuni esempi delle piattaforme più utilizzate (fig. 4).
Ciascuno di questi ambienti offre esperienze uniche e si concentra su aspetti diversi, come la collaborazione, la creazione di contenuti, l'identità virtuale e la proprietà. La piattaforma che meglio si presta ai fini di formazione e apprendimento collaborativo è Spatial: garantisce un'esperienza di realtà mista che crea un ambiente ibrido coinvolgente, offrendo opportunità illimitate per la collaborazione e l'interazione in tempo reale, favorendone l'accessibilità e la condivisione di dati eterogenei. Dal punto di vista educativo, consente agli studenti e ai docenti di collaborare, interagire e sperimentare concetti e tecnologie in modo più immediato rispetto a una lezione teorica, aiutando gli studenti a sviluppare competenze digitali e di realtà aumentata/virtuale.
Lo spazio architettonico in Spatial determina le modalità con le quali gli utenti potranno interagire, eventualmente sfruttando le potenzialità offerte dall'impiego di visori VR. La creazione di un ambiente accattivante e intuitivo può aumentare l'*engagement* degli utenti e la loro capacità di collaborare con successo. Con Spatial, qualsiasi modello 3D può essere impostato come ambiente virtuale condiviso, consentendo la massima flessibilità progettuale. La progettazione di spazi include la disposizione degli oggetti, l'illuminazione e l'acustica, quali fattori che influiscono sulla percezione dell'ambiente, rappresentando un elemento chiave per la creazione di esperienze immersive e coinvolgenti.
Nel caso in esame è stata varato un *workflow* per l'ottimizzazione del modello tridimensionale parametrico realizzato in ambiente Autodesk Revit 2022 (fig. 5). La possibilità di accedere a licenze educative, la compatibilità con i principali programmi di modellazione e la facilità di utilizzo, hanno portato alla scelta dei *software* impiegati. In particolare, è stato utilizzato il *plug-in* di *real time rendering* e *virtual reality* Enscape della Enscape GmbH, quale strumento per la visualizzazione realistica della materialità. Dal momento che i modelli importati in Spatial conservano le proprietà dei materiali, nel tentativo di combinare modellazione parametrica e visualizzazione fotorealistica si è deciso di includere la *texture* fotogrammetrica come informazione stratificata. Si ricorre all'applicativo Materialize per la creazione di materiali PBR (*Physically Based Rendering*), modalità di *rendering* che fornisce una rappresentazione più accurata di come la luce interagisce con le superfici; la *texture* assume un carattere semantico supportando una migliore definizione del livello geometrico del modello.
Sebbene Spatial supporti diversi tipi di estensione, tra cui .fbx e .obj, il tipo di file consigliato è glb/glft, assicurando una dimensione del file non superiore a 100MB. In relazione a tale limitazione, potrebbe essere opportuno decimare il modello, utilizzando MeshLab, un applicativo *open source* per l'ottimizzazione della *mesh*, al fine di ridurre la quantità di lavoro che la GPU deve eseguire per il *rendering* del modello, ottenendo un'esperienza immersiva più fluida. È possibile anche ridurre le dimensioni delle *texture*, raggiungendo una dimensione massima di 2048x2048 px. Si ricorre al *plug-in* SimLab Composer for Revit, della SimLab Soft, un *tool* che consente di esportare il modello, con *texture* associate, in formato .gltf. Tramite il convertitore *online* Aspose è infine possibile ottenere il modello texturizzato in formato .glb, che può essere importato nella piattaforma Spatial, ruotato e scalato opportunamente.
In Spatial è possibile arricchire il modello caricato con immagini, video, documenti, nonché elementi 3D, anche animati, creati dall'utente o semplicemente scaricati da una libreria *online* (es. Sketchfab).

Risultati

Dalla collaborazione tra l'Università di Salerno, l'Università Tecnologica di Tshwane (Sudafrica) e l'Università di Cordoba (Argentina) è nata l'idea di studiare come gli architetti europei abbiano influenzato il processo di progettazione in Sudafrica e Latinoamerica [Sanseverino et al. 2021].

Platform	Description
DECENTRALAND	Decentralized virtual reality platform that uses blockchain to create a proprietary and secure virtual environment. Users can exercise complete property over the experiences created on the platforms. Focuses on property and content creation, offering users a more personalized and secure experience than other virtual environments.
SANDBOX	Virtual reality platform that allows users to build, create and play together in a virtual world, offers users a fun and playful experience with a wide range of activities and games available.
SOMNIUM SPACE	Decentralized virtual reality platform that allows users to buy, build and interact with virtual properties in a virtual world; focuses on property and content creation, offering users a more personalized and secure experience than other virtual environments.
SPATIAL	A mixed reality platform that allows users to meet and collaborate in a virtual environment, it focuses on the collaborative and immersive experience, offering its users a more natural experience of interaction than other virtual environments.
VIRBELA	Virbela pioneered the first enterprise metaverse, created specifically to solve the challenges of remote collaboration. It brings users together to work, learn, meet and train in immersive virtual worlds
ZEPETO	Virtual reality platform that allows users to create a personalized avatar and interact with other users in a virtual environment, focuses on creating a virtual identity and interacting with other users, providing users with a social and fun experience.

Fig. 4. Piattaforme Metaverse recenti. Elaborazione degli autori.

CUSTOM 3D VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT WORKFLOW

MODEL GENERATION
Autodesk Revit
3D MODELLING
+
Enscape for Revit
VISUALIZATION PLUG-IN
Materialize
TEXTURE GENERATOR FOR PBR MATERIAL CREATION

MODEL OPTIMIZATION
MeshLab
MESH DECIMATION
Adobe Photoshop
TEXTURE OPTIMIZATION

MODEL EXPORTATION
SimLab for Revit
.GLTF EXPORTER
Aspose Online
GLTF to GLB CONVERTER

Spacial

UPLOADABLE CONTENTS

3D Files	Images	Videos	Documents
OBJ	PNG	MP4	PDF
glTF	JPEG	MOV	.docx
GLB	TIFF	GIF	.pptx
FBX			.xlsx
DAE			
ZIP			

Fig. 5. Processo di creazione dello spazio espositivo, dalla modellazione in Revit alla renderizzazione attraverso Enscape. Elaborazione grafica degli autori.

Sono stati presi in considerazione due casi di studio: il lavoro di Le Corbusier nella Curuchet House a La Plata, in Argentina, e il lavoro di Karl Jooste, allievo di Le Corbusier, a Pretoria, in Sudafrica. L'apprendimento a distanza e l'impossibilità di visitare fisicamente gli edifici sono diventati l'occasione perfetta per lavorare in gruppo su un progetto nell'ambito del corso di Disegno dell'Architettura II del corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura. Compresa la teoria alla base dei casi di studio, gli studenti hanno dovuto produrre i propri modelli SketchUp delle case per riprodurre i principi e i metodi costruttivi, l'uso dei materiali e la risposta al contesto.
Dopo l'esperienza sviluppata precedentemente, come continuità dei progetti sull'architettura sudafricana e sudamericana, con l'obiettivo di metterla in relazione con il caso italiano, l'attività didattica del corso di Informatica Grafica si è incentrata sul tema della rappresentazione e condivisione di dati eterogenei. Gli studenti, sintetizzando le migliori pratiche nella progettazione di ambienti di apprendimento collaborativi, hanno utilizzato il Chiostro della Pace come spazio espositivo multiutente per diffondere gli esiti del lavoro svolto, quali modelli 3D, render, video e gif (fig. 6).
La creazione di un evento *online* per promuovere il lavoro svolto ha visto la partecipazione di differenti tipi di utenti: non solo i docenti valutatori e gli studenti oratori provenienti dalle diverse università coinvolte, chiamati ad esporre i loro lavori, ma anche utenti uditori, raggiungendo un pubblico vasto, anche non esperto (fig. 7). La facilità di esplorazione dello spazio, anche in assenza di un visore VR, e l'accesso in Spatial da pc o *smartphone*, senza necessità di loggarsi ma semplicemente digitando un nome e scegliendo il proprio *avatar*, ha garantito una partecipazione notevole. É stato così possibile colmare la distanza fisica tra i tre paesi che su tale tema hanno avuto modo di confrontarsi nell'ambito di un progetto di cooperazione internazionale, trovando uno spazio virtuale nel quale incontrarsi e dialogare.

Conclusioni

L'esperienza didattica condotta in campo architettonico dimostra quanto ambienti digitali e nuove tecnologie possono giovare anche alla trasmissione del sapere, offrendo nuove e poco esplorate modalità di apprendimento attraverso contenuti grafici e informativi, favorendo un più ampio coinvolgimento. L'impiego di metodologie tecniche pienamente condivise, quali la scelta di strumenti *open-source* e *software* con licenza *educational*, nonché la scelta del linguaggio grafico che si fonda sul 'vocabolario' condiviso del disegno, hanno consentito di superare barriere fisiche e distanze, fornendo così una piena trasparenza sulla metodologia adottata. Si è mostrato come l'efficienza della didattica può essere massimizzata con il Metaverso,

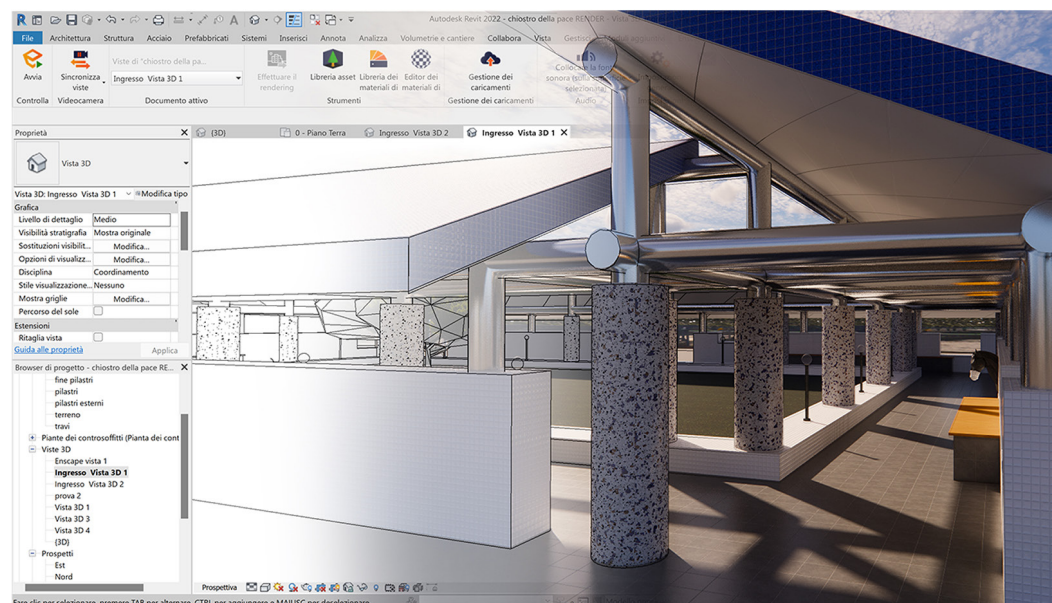



Fig. 6. Processo di creazione dello spazio espositivo, dalla modellazione in Revit alla renderizzazione attraverso Enscape. Elaborazione grafica degli autori.

Fig. 7. Screen dell'evento live della mostra espositiva virtuale realizzata dagli studenti del Corso di *Informatica Grafica* il 21 Dicembre 2022. Elaborazione grafica degli autori.

offrendo agli studenti esperienze educative 'autentiche': con il supporto delle tecnologie di interazione, è possibile plasmare spazi virtuali in cui l'utente può prender parte a varie attività di apprendimento esplorativo, collaborativo e ottenere *feedback* in tempo reale. Il Metaverso può facilitare l'uso dell'apprendimento sincrono e asincrono, nonché di metodi come la *flipped classroom* e l'insegnamento cooperativo. Inoltre, fornendo un'esperienza educativa partecipativa incentrata sull'esperienza immersiva, l'educazione attraverso il Metaverso può superare i limiti dell'educazione *online* e costruire un ambiente educativo sostenibile, dando la possibilità di esplorare luoghi inaccessibili, superando i limiti geografici e spaziali. Il Metaverso potrà, nel breve periodo, portare alla nascita di nuovi paradigmi di apprendimento misto per facilitare un migliore coinvolgimento per gli studenti.

Riferimenti bibliografici

Andreoli R. et al. (2017). A Framework to Design, Develop, and Evaluate Immersive and Collaborative Serious Games in Cultural Heritage. In *Journal on Computing and Cultural Heritage*, vol. 11(1), pp. 1-22.

Centorrino M. et al. (2021). From Virtual Reality to Augmented Reality: Devices, Bodies, Places and Relationships. In *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*. Bari, 2021, pp. 1-7.

Centorrino M., Di Paola L. (2022). L'opera d'arte nell'era della sua colonizzazione. I rischi del Metaverso. In *Imago: A Journal of the Social Imaginary*, n. 19, Year XI, pp. 195-209. <www.imagojournal.it> (consultato il 2 febbraio 2023).

Fanini B., Ferdani D., Demetrescu E. (2021). Temporal Lensing: An Interactive and Scalable Technique for Web3D/WebXR Applications in Cultural Heritage. In *Heritage*, n. 4(2), pp. 710-724.

Farjami S. et al. (2011). Multilingual Problem Based Learning in Metaverse. In A. König et al. (Eds.) *Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, pp. 499–509. Berlin-Heidelberg: Springer.

Gattullo M. et al. (2022). Towards the Evaluation of Augmented Reality in the Metaverse: Information Presentation Modes. In *Applied Sciences*, n. 12(24), 12600.

Hwang G.-J., Chien S.-Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. In *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 3, 100082.

Kemp J., Livingstone D. (2006). Putting a Second Life 'Metaverse' skin on learning management systems. In D. Livingstone (a cura di). *The Second Life education workshop at the Second Life community convention* vol.20, pp. 13-18.

Kim K., Yang E., Ryu J. (2022). Work-in-progress. The Effect of Students' Perceptions on Intention to use Metaverse Learning Environment in Higher Education. In A. Dengel et al. (a cura di). 2022 8th *International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN)*, Vienna, pp. 1-3.

Knox J. (2022). The Metaverse, or the Serious Business of Tech Frontiers. In *Postdigital Science and Education*, n. 4(2), pp. 207-215.

Kye B., Han N., Kim E., Park Y., Jo S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. In *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, vol. 18, 32.

Lee L.-H. et al. (2021). *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.* In *ArXiv*, vol. abs/2110.05352.

Leserri M., Ferreyra C., di Filippo A., Guida C. G. (2022). Optimising 3D interactive exploration of open virtual enviroments on web, using mobile devices. In C. Battini, E. Bistagnino (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*, pp. 1668-1676. Milano: FrancoAngeli.

Park S., Kim S. (2022). Identifying World Types to Deliver Gameful Experiences for Sustainable Learning in the Metaverse. In *Sustainability*, 14(3), 1361.

Park S.M., Kim Y.G. (2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. In *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209-4251.

Sanseverino A., Ferraris V., Barbato D., Messina B. (2021). Un approccio collaborativo di tipo BIM per colmare distanze fisiche, sociali e culturali. In A. Arena, M. Arena, D. Mediati, P. Raffa (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1814-1831.

Schlemmer E., Backes L. (2015). *Learning in Metaverses: Co-Existing in Real Virtuality*. Hershey, PA: IGI Global.

Siyaev A., Jo G.-S. (2021). Towards Aircraft Maintenance Metaverse Using Speech Interactions with Virtual Objects in Mixed Reality. In Sensors, 21(6), 2066.

Stephenson N. (1992). *Snow Crash.* Milano: Rizzoli.

Tlili A. et Al. (2022). Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. In *Smart Learning Environments*, 9(1), 24.

Zhang X., Chen Y., Hu L., Wang Y. (2022). The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. In *Frontiers in Psychology*, vol. 13, 1016300.

Arte e Architettura. Chiostro della Pace <https://web.unisa.it/vivere-il-campus/campus/arte-e-architettura/chiostro-della-pace> (consultato il 5 febbraio 2023).

Autori
Caterina Gabriella Guida, Università degli Studi di Salerno, cguida@unisa.it
Lorena Centarti, Università degli Studi di Salerno, lcentarti@unisa.it
Angelo Lorusso, Università degli Studi di Salerno, alorusso@unisa.it

Per citare questo capitolo: Guida Caterina Gabriella, Centarti Lorena, Lorusso Angelo (2023). Edu-verse: Designing 3D Learning Environments. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/ Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 1420-1437.

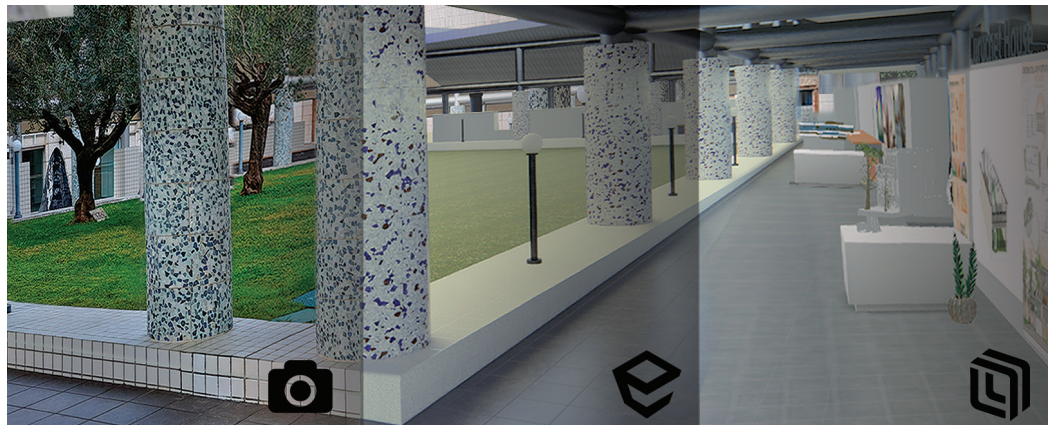
 Isbn 9788835155119

Edu-verse: Designing 3D Learning Environments

Caterina Gabriella Guida
Lorena Centarti
Angelo Lorusso

Abstract

Virtual environments represent a new type of collaborative workspace. The paper explores learning through the Metaverse, proposing an innovative theoretical framework, synthesizing best practices in the design of collaborative virtual environments for learning, and sharing the outcomes of a teaching experience aimed at students teaching 'Computer Graphics' of Building Engineering-Architecture Degree Programme of the University of Salerno. The proposed method involved cooperative modeling, taking advantage of the peculiarities of collaborative teaching, focusing on a triangulation 'South Italy - South America - South Africa', testing the capacity for international and inter-university exchange and interaction between faculty and students called to develop group graphic activities. The goal was to create an immersive digital environment capable of offering new and so far underexplored ways of learning, in that it can transfer knowledge by triggering users' emotional involvement. This study demonstrates how digital technologies can provide a more effective immersive museum experience, expanding access to a greater number of visitors, overcoming physical barriers and cultural distances, and triggering specific learning processes, including through deeper engagement, thus facilitating continuous cultural and educational exchange.

Keywords
Metaverse, digital technology, education, immersive teaching and learning, Multi-User Virtual Environment (MUVE)

Photographic documentation (left), 3D model rendered with Enscape for Revit (centre) and custom environment in Spatial (right). Graphic elaboration by the authors.

doi.org/10.3280/oa-1016-c357

Introduction

The Metaverse has been recognized as the next generation of social connection. The term comes from a combination of the prefix '*meta*', which implies transcend, with the word 'universe' which describes a parallel or virtual environment related to the physical world [Tlili et al. 2022]. First coined in 1992 by Neal Stephenson in his science fiction novel *Snow Crash* [Stephenson 1992], a book often credited for anticipating many of today's technologies [Knox, 2022]. A summit was held in 2006 at the Stanford Research Institute International to chart a roadmap for the future of Metaverse technology. The *Metaverse Roadmap (MVR)* is the first ten years public forecasting and visioning survey of Web3D technologies, applications, markets and potential societal impacts, in which academics, architects, entrepreneurs, and futurists took part, in which four types of Metaverse were defined (*Metaverse Roadmap Summit*, 2006). Figure 1 shows the different types of Metaverse: the horizontal axis represents the relationship between 'Technology' and 'User', while the vertical axis represents the relationship between 'Technology' and 'Reality' [Kye et al. 2021]. The metaverse has acquired deeper and deeper meanings over time: it refers to a virtually generated world in which people can 'live' according to the rules defined by the creator [Farjami et al. 2011; Kye et al. 2021; Centorrino et al. 2021]. The Metaverse provides possibilities for collaboration and immersive interactions that support the development of social experience, enabling the emergence of 'parallel worlds' [Schlemmer, Backes 2015]. Lee and others in their studies they stated that the Metaverse means a world in which virtual and real interact and co-evolve, where social, economic, and cultural activities are carried out to create value [Lee et al. 2021]. This definition involves that the two worlds are not simply combined, but a continuity of the physical world into the virtual is determined to create an ecosystem that merges both.
Online digital identities are considered a reflection and representation of the real identities of offline physical worlds. With the growth and influence of 'Generation Z' in the Metaverse, it is argued that there is a need for a new definition [Park, Kim 2022]. The rapid advance of mobile technology and deep learning have facilitated access to the Metaverse anywhere, anytime, improving viewing accuracy and language recognition, resulting in a more immersive and engaging environment. Since the world of education cannot be found unprepared before the digital transformations of our age, wanting to pursue the goal of ensuring quality education for new generations [Kim et al. 2022], several educators and researchers have discussed its implications for use within their learning practices, providing different scenarios for development.
The growing interest in the educational landscape as well, stemming from the wide range of possibilities that virtual space can offer through real representations of self that potentially enhance the social aspect of teaching and learning, is evidenced by various studies. For example, Kemp and Livingstone experimented with how to combine the Metaverse, through the use of a digital world called 'Second Life', with learning management systems to improve the training process

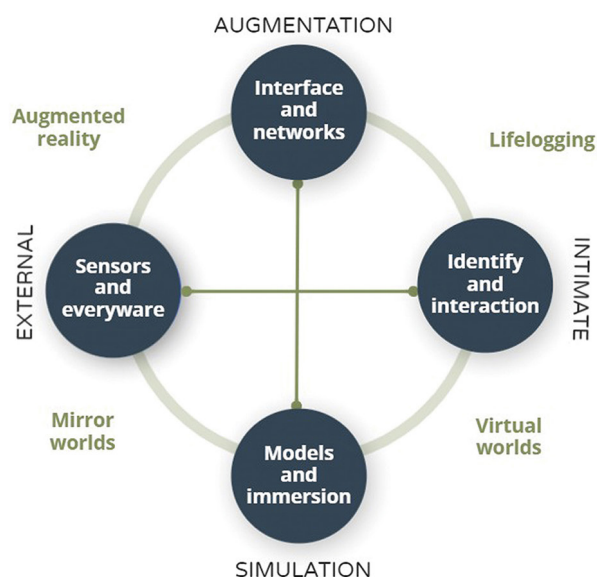



Fig. 1. Diagram of the 4 types of Metaverse, according to the *Metaverse Roadmap Summit*. Authors' elaboration.

[Kemp, Livingstone 2006]. The advent of immersive technologies, including virtual reality (VR), mixed reality (MR), augmented reality (AR), and extended reality (XR), and the development of network connections has generated significant transformations in communication and fruition models, as well as in how knowledge is constructed, promoting the Metaverse in various educational applications: students can interact with teachers and students through their avatars, increasing their motivation to learn [Siyaev, Jo 2021; Park, Kim 2022; Gattullo et al. 2022].
Based on experience to date, Metaverse based learning is more than a combination of in-person and distance learning, and is also likely to compensate for the limitations of both [Zhang et al. 2022], as shown in the comparison illustrated in figure 2. Analyses of the results for use in educational fields have identified the potential and critical issues for use in educational contexts [Hwang, Chien 2022; Tlili et al. 2022; Centorrino, di Paola 2022]. Most educators may not be aware of the features of the Metaverse, as well as the possible applications of this emerging technology. The results of the study by Tlili and others [Tlili et al. 2022] have pointed out that such collaborative space has never been used in architecture as a tool for training and sharing real three-dimensional models; although several colleges and universities have already implemented the use of the Metaverse, they are, however, limited to the use of virtual recreations of existing university spaces, which become rigidly defined enclosures within which students can engage in various types of educational activities.
The present research pursues the most recent experiences of evolving the notion of digital representation/model to that of a multiuser virtual environment, investigating appropriate solutions to enhance the process of multimodal learning and teaching by exploiting the peculiarities of the Metaverse, which allows the student to create, explore, and perceive his or her own virtual reality-based.

Exhibition space

The Chiostro della Pace is a project by Ettore Sottsass Jr. with sculptures of Enzo Cucchi, carried out in 2005 on the Fisciano campus (SA). The work was conceived as a dialogue between art and architecture and refers back to the places of the ancient peripatetic high school, where study and reflection were also nourished by meetings and breaks, and suggests the value of peace and contemplation. The cloister, which is small in size (21x30m), is characterized by four long, slightly inclined slabs, forming the roof of the paths, covered with

FACTOR	IN-PERSON CLASSROOM LEARNING	SCREEN-BASED REMOTE LEARNING	METAVERSE-BASED LEARNING
The time and location for learners to participate in class	At a fixed time in accordance with the class schedule and school timetable in the real classroom	Available only when a teacher opens a meeting on the video-conferencing platform	Without being limited by either time or location
Learner identity	Real identity	Real identity	Customized and dynamic digital identity (avatar)
The people learners interact with	Real teachers and peers	Real teachers and peers	Real teachers and peers in the form of avatar, or virtual teachers and peers in the form of intelligent NPC
Learning scene	Real learning scenes	Real learning scenes	Simulated learning scenes
Learning resource	Mainly printed or multimedia learning resources that learners usually cannot interact with	Mainly multimedia or online learning resources that learners usually cannot interact with	Mainly visualized or decentralized learning resources that allow learners to interact
Learning activity	Primarily based on lectures from teachers Allow learners to participate in a series of learning activities, except in the pandemic era	Primarily based on lectures from teachers - Cannot easily allow learners to participate in some complex learning activities - Cannot easily allow learners to collaborate with peers	Primarily a series of contextualized learning activities in 3D learning scenes - Allow learners to participate in a series of learning activities virtually - Can support remote collaboration - Initiate activities more like inquiry-based or problem-solving tasks - Facilitate creative learning activities
Learning experience	Mainly based on face-to-face communication	Mainly based on online communication with video and audio	Mainly based on multi-sensory and embodied participation - More easily to devolop high-order cognitions -
Learning objective	Mainly aims to develop low-order cognitions	Mainly aims to develop low-order cognitions	Mainly aims to achieve more comprehensive learning objectives
Learning assessment	Focus on learning results Based on summative data	Focus on learning results Based on summative data	Combine with formative and summative data Pay more attention to learners' growth

Fig. 2. Comparisons between in-person classroom learning, remote screen-based learning and learning using the Metaverse. Authors' elaboration.

blue ceramics. The roof, held up by a metal structure, rests on large steel pillars covered with *terrazzo* (fig. 3). The sculptures, molded in *terracotta*, are four fountains (*Sphere with Skulls, Horse's Head, Mountain with Skulls, Bust of Supine Man*), arranged at the openings of the perimeter walls. The cloister lends itself well to becoming a container space for an exhibition show, an authentic virtual world, interrogable through immersive inspection and interaction tools, in which students, collaborating with each other, will be able to confront each other, presenting their work.

Methodology

Three-dimensional content is now an eminent part of the multimedia experience of the web. Until a few years ago, when we wanted to put 3D models on the web we were running into some technical problems, including the speed of the Internet network and the computing power of the devices, as well as the need to install dedicated applications to display 3D graphics. Thanks to the language WebGL (Web Graphics Library) several platforms Web3D have emerged also in the area of Cultural Heritage (CH) where it is possible to insert 3D reconstructions of portions of the real world within a web page, ensuring visualization through any browser Web [Andreoli et al. 2018; Fanini et al. 2021; Leserri et al. 2022]. Currently, in the country's leading the movement Metaverse, new platforms are emerging that, compared with the previous mode of sharing on the web whose products were limited to specific groups, such as developers, allow each user to create or edit virtual content. Examples of the most widely used platforms are shown (fig. 4).
Each of these environments offers unique experiences and focuses on different aspects, such as collaboration, content creation, virtual identity, and ownership. The platform that best lends itself to the purposes of collaborative training and learning is Spatial: provides a mixed reality experience that creates an immersive hybrid environment, offering unlimited opportunities for

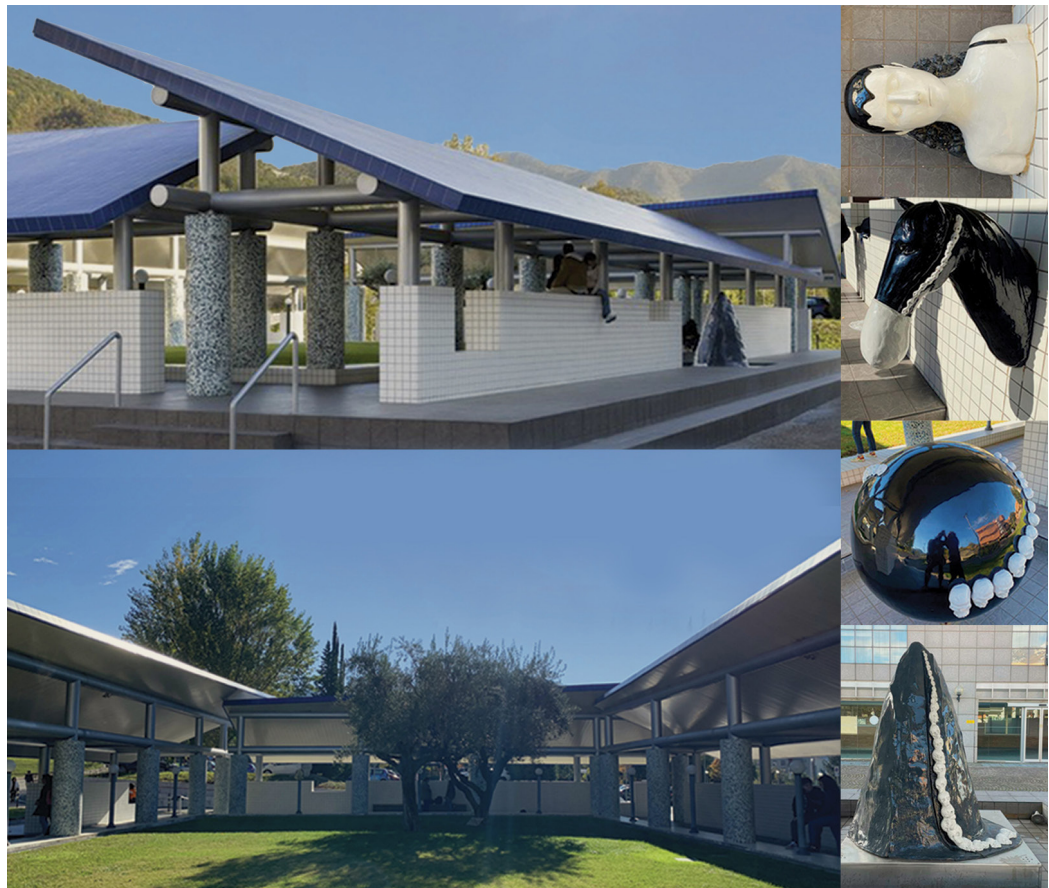



Fig. 3. Chiostro della Pace. Authors' elaboration.

real-time collaboration and interaction, fostering accessibility and sharing of heterogeneous data. From an educational perspective, it enables students and teachers to collaborate, interact, and experience concepts and technologies more immediately than a theoretical lecture, helping students develop digital and augmented/virtual reality skills.
The architectural space in Spatial determines how users will be able to interact, possibly taking advantage of the potential offered by the use of VR viewers. Creating an engaging and intuitive environment can increase user engagement and their ability to collaborate successfully. With Spatial, any 3D model can be set up as a shared virtual environment, allowing for maximum design flexibility. Space design includes the arrangement of objects, lighting and acoustics as factors that affect the perception of the environment, representing a key element in the creation of immersive and immersive experiences.
In the present case, a workflow for the optimization of the parametric three-dimensional model made in the environment Autodesk Revit 2022 (fig. 5). Access to educational licenses, compatibility with major modeling programs, and ease of use led to the choice of the software employees. In particular, the plug-in di real-time rendering e virtual reality Enscape of Enscape GmbH, as a tool for realistic visualization of materiality. Since the models imported into Spatial preserve material properties, in an attempt to combine parametric modeling and photorealistic visualization, it was decided to include photogrammetric texture as layered information. The Materialize application for creating PBR Materials (Physically Based Rendering), a rendering mode that provides a more accurate representation of how light interacts with surfaces; texture takes on a semantic character by supporting a better definition of the geometric layer of the model.
Although Spatial supports several extension types, including .fbx and .obj, the recommended file type is glb/glft, ensuring a file size of no more than 100MB. Related to this limitation, it may be appropriate to decimate the model, using MeshLab, an open-source mesh optimization application, to reduce the amount of work the GPU has to perform to render the model, resulting in a smoother immersive experience. It is also possible to reduce the size of the texture, reaching a maximum size of 2048x2048 px. It uses the SimLab Composer for Revit plug-in, from SimLab Soft, a tool that allows the model, with associated textures, to be exported in .gltf format through the online converter Aspose is finally possible to obtain the textured model in .glb format, which can be imported into the Spatial platform, rotated and scaled appropriately.
In Spatial it is possible to enrich the uploaded model with images, videos, documents, as well as 3D elements, including animated ones, created by the user or simply downloaded from an online library (e.g. Sketchfab).

Results

From the collaboration between the University of Salerno, Tshwane Technological University (South Africa) and the University of Córdoba (Argentina) came up with the idea of studying how european architects influenced the design process in South Africa and Latin America [Sanseverino et al. 2021]. Two case studies were considered: the work of Le Corbusier in the Curuchet House in La Plata, Argentina, and the work of Karl Jooste, a student of Le Corbusier, in Pretoria, South Africa. Distance learning and the inability to physically visit the buildings became the perfect opportunity to work as a group on a project as part of the Architectural Design II course in the Building Engineering-Architecture degree program. Understanding the theory behind the case studies, students had to produce their own SketchUp models of the houses to reproduce the construction principles and methods, use of materials and response to the context. After the experience developed previously, as a continuity of projects on South African and South American architecture, with the aim of relating it to the Italian case, the teaching activity of the Computer Graphic course focused on the theme of representation and sharing of heterogeneous data. The students, synthesizing best practices in designing collaborative learning environments, used the Chiostro della Pace as a multi-user exhibition space to disseminate the outcomes of their work, such as 3D models of the cloister, renders, videos and gifs (fig. 6).

Platform	Description
DECENTRALAND	Decentralized virtual reality platform that uses blockchain to create a proprietary and secure virtual environment. Users can exercise complete property over the experiences created on the platforms. Focuses on property and content creation, offering users a more personalized and secure experience than other virtual environments.
SANDBOX	Virtual reality platform that allows users to build, create and play together in a virtual world, offers users a fun and playful experience with a wide range of activities and games available.
SOMNIUM SPACE	Decentralized virtual reality platform that allows users to buy, build and interact with virtual properties in a virtual world; focuses on property and content creation, offering users a more personalized and secure experience than other virtual environments.
SPATIAL	A mixed reality platform that allows users to meet and collaborate in a virtual environment, it focuses on the collaborative and immersive experience, offering its users a more natural experience of interaction than other virtual environments.
VIRBELA	Virbela pioneered the first enterprise metaverse, created specifically to solve the challenges of remote collaboration. It brings users together to work, learn, meet and train in immersive virtual worlds
ZEPETO	Virtual reality platform that allows users to create a personalized avatar and interact with other users in a virtual environment, focuses on creating a virtual identity and interacting with other users, providing users with a social and fun experience.

Fig. 4. Recent Metaverse Platforms. Authors' elaboration.

CUSTOM 3D VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT WORKFLOW

MODEL GENERATION
Autodesk Revit
3D MODELLING
+
Enscape for Revit
VISUALIZATION PLUG-IN
Materialize
TEXTURE GENERATOR FOR PBR MATERIAL CREATION

MODEL OPTIMIZATION
MeshLab
MESH DECIMATION
Adobe Photoshop
TEXTURE OPTIMIZATION

MODEL EXPORTATION
SimLab for Revit
.GLTF EXPORTER
Aspose Online
GLTF to GLB CONVERTER

Spacial

UPLOADABLE CONTENTS

3D Files	Images	Videos	Documents
OBJ	PNG	MP4	PDF
glTF	JPEG	MOV	.docx
GLB	TIFF	GIF	.pptx
FBX			.xlsx
DAE			
ZIP			

Fig. 5. Virtual environment generation workflow. Authors' elaboration.

Fig. 6. Process of creating the exhibition space, from modeling in Revit to rendering through Enscape. Authors' elaboration.

The creation of an online event to promote the work done was attended by different types of users: not only the faculty evaluators and student speakers from the different universities involved, called upon to exhibit their work, but also hearing users, reaching a wide audience, including non-experts (fig. 7). The easiness of exploring the space, even in the absence of a VR visor, and the access in Spatial from a PC or smartphone, without the need to log in but by simply typing a name and choosing one's avatar, ensured remarkable participation. It was thus possible to bridge the physical distance between the three countries, which on this issue had the opportunity to confront each other as part of an international cooperation project, finding a virtual space in which to meet and dialogue.

Conclusions

The educational experience conducted in the field of architecture demonstrates how digital environments and new technologies can also benefit the transmission of knowledge by offering new and under-explored ways of learning through graphic and informative content, encouraging broader engagement. The use of fully shared technical methodologies, such as the choice of open-source tools and educational-licensed software, as well as the choice of graphic language that is based on the shared 'vocabulary' of drawing, have made it possible to overcome physical barriers and distances, thus providing full transparency on the methodology adopted.
It has been shown how the efficiency of teaching can be maximized with the Metaverse by providing students with 'authentic' educational experiences: with the support of interaction technologies, virtual spaces can be shaped in which the user can take part in various exploratory, collaborative learning activities and obtain real-time feedback. The Metaverse can facilitate the use of synchronous and asynchronous learning, as well as methods such as flipped classroom and cooperative teaching. In addition, by providing a participatory educational experience centred on an immersive experience, education through the Metaverse can overcome the limitations of online education and build a sustainable educational environment, allowing exploring inaccessible places, overcoming geographical and spatial limitations. The Metaverse may, in the short term, lead to the emergence of new blended learning paradigms to facilitate better engagement for students.

Fig. 7. Screen of the live event of the virtual exhibition made by the students of the *Computer Graphics* course on December 21, 2022. Graphic elaboration by the authors.

References

Andreoli R. et al. (2017). A Framework to Design, Develop, and Evaluate Immersive and Collaborative Serious Games in Cultural Heritage. In *Journal on Computing and Cultural Heritage*, Vol. 11(1), pp. 1-22.

Centorrino M. et al. (2021). From Virtual Reality to Augmented Reality: Devices, Bodies, Places and Relationships. In *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*. Bari, 2021, pp. 1-7.

Centorrino M., Di Paola L. (2022). L'opera d'arte nell'era della sua colonizzazione. I rischi del Metaverso. In *Imago: A Journal of the Social Imaginary*, No. 19, Year XI, pp. 195-209. <www.imagojournal.it>. (accessed 2 February 2023)

Fanini B., Ferdani D., Demetrescu E. (2021). Temporal Lensing: An Interactive and Scalable Technique for Web3D/WebXR Applications in Cultural Heritage. In *Heritage*, No. 4(2), pp. 710-724.

Farjami S. et al. (2011). Multilingual Problem Based Learning in Metaverse. In A. König et al. (Eds.) *Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, pp. 499-509. Berlin, Heidelberg: Springer.

Gattullo M. et al. (2022). Towards the Evaluation of Augmented Reality in the Metaverse: Information Presentation Modes. In *Applied Sciences*, No. 12(24), 12600.

Hwang G. J., Chien S. Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. In *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol. 3, 100082.

Kemp J., Livingstone D. (2006). Putting a Second Life 'Metaverse' skin on learning management systems. In D. Livingstone (Ed.).*The Second Life education workshop at the Second Life community convention*, Vol.20, pp. 13-18.

Kim K., Yang E., Ryu J. (2022). Work-in-progress. The Effect of Students' Perceptions on Intention to use Metaverse Learning Environment in Higher Education. In A. Dengel et al. (Ed.). *2022 8th International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN)*, Vienna, pp. 1-3.

Knox J. (2022). The Metaverse, or the Serious Business of Tech Frontiers. In *Postdigital Science and Education*, No. 4(2), pp. 207-215.

Kye B., Han N., Kim E., Park Y., Jo S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. In *Journal of Educational Evaluation for Health Professions,* Vol. 18, 32.

Lee L.-H. et al. (2021). *All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda.* In *ArXiv*, vol. abs/2110.05352.

Leserri M., Ferreyra C., di Filippo A., Guida C. G. (2022). Optimising 3D interactive exploration of open virtual enviroments on web, using mobile devices. In C. Battini, E. Bistagnino (Eds.). *Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. 43th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Conference proceedings*, pp. 1668-1676. Milan: FrancoAngeli.

Park S., Kim S. (2022). Identifying World Types to Deliver Gameful Experiences for Sustainable Learning in the Metaverse. In Sustainability, 14(3), 1361.

Park S. M., Kim Y. G. (2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. In *IEEE Access*, Vol. 10, pp. 4209-4251.

Sanseverino A., Ferraris V., Barbato D., Messina B. (2021). Un approccio collaborativo di tipo BIM per colmare distanze fisiche, sociali e culturali. In A. Arena, M. Arena, D. Mediati, P. Raffa (Eds.). *Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Conference proceedings.* Milan: FrancoAngeli, pp. 1814-1831.

Schlemmer E., Backes L. (2015). *Learning in Metaverses: Co-Existing in Real Virtuality.* Hershey, PA: IGI Global.

Siyaev A., Jo G.-S. (2021). Towards Aircraft Maintenance Metaverse Using Speech Interactions with Virtual Objects in Mixed Reality. In *Sensors*, 21(6), 2066.

Stephenson N. (1992). *Snow Crash.* Milan: Rizzoli.

Tlili A. et Al. (2022). Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. In *Smart Learning Environments*, 9(1), 24.

Zhang X., Chen Y., Hu L., Wang Y. (2022). The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. In *Frontiers in Psychology*, Vol. 13, 1016300.

Arte e Architettura. Chiostro della Pace <https://web.unisa.it/vivere-il-campus/campus/arte-e-architettura/chiostro-della-pace> (accessed 5 February 2023).

Authors
Caterina Gabriella Guida, Università degli Studi di Salerno, cguida@unisa.it
Lorena Centarti, Università degli Studi di Salerno, lcentarti@unisa.it
Angelo Lorusso, Università degli Studi di Salerno, alorusso@unisa.it

To cite this chapter: Guida Caterina Gabriella, Centarti Lorena, Lorusso Angelo (2023). Edu-verse: Designing 3D Learning Environments In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 1420-1437.

 Isbn 9788835155119